

POWERED BY **Dialog****High strength metallic multilayer composite prodn. - by strengthening rolled layers with metalloid before diffusion welding****Patent Assignee:** VER SCHMIEDEWERKE GMBH; VER SCHMIEDEWERKE; VERE SCHMIEDE GMBH**Inventors:** FEICHTINGER H K; MENZEL J; SPEIDEL M O; STEIN G; FEICHTINGE P; SPEIDEL P**Patent Family**

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
EP 383103	A	19900822	EP 90101964	A	19900201	199034	B
DE 3904766	A	19900823	DE 3904766	A	19890217	199035	
DE 3904776	A	19900823	DE 3904776	A	19890217	199035	
US 5094699	A	19920310	US 90482219	A	19900220	199213	
DE 3904776	C	19920910	DE 3904776	A	19890217	199237	
EP 383103	B1	19940504	EP 90101964	A	19900201	199418	
DE 59005567	G	19940609	DE 505567	A	19900201	199424	
			EP 90101964	A	19900201		

**Priority Applications (Number Kind Date):** DE 3904776 A ( 19890217); DE 3904766 A ( 19890217)**Cited Patents:** DE 2009699; DE 2020569; DE 2358292; DE 2658549; DE 2932633; DE 3604440; DE 3607699; EP 157378; US 4710238; 01 journal ref.; DE 2932644; EP 156378**Patent Details**

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
EP 383103	A				
Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FR GB IT LI LU NL SE					
US 5094699	A		8		
DE 3904776	C		9	B23K-020/16	
EP 383103	B1	G	13	B32B-015/01	
Designated States (Regional): AT BE CH DE ES FR GB IT LI LU NL SE					
DE 59005567	G			B32B-015/01	Based on patent EP 383103

**Abstract:**

EP 383103 A

Prodn. of a high strength, tough metallic composite material of diffusion welded metal layers involves the use of metal layers consisting of flat rolled products of low strength metal which are alloyed and strengthened with a metalloid by heat treatment in a metalloid-contg. gas atmos. prior to diffusion welding.

USE/ADVANTAGE - Esp. useful for mfr. of high strength cylindrical metallic annular bodies, esp. CrMn steel hood

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

rings for generators. The strengths of the individual layers can be adjusted in a simple and efficient manner and are retained on diffusion welding. (11pp Dwg.No.3a/4)

DE 3904776 C

Composite material formed by diffusion welding of several metal layers rolled to flat prod. is heat treated in a gas atmos. contg. a metallised, pref. N, B or C, so that it is alloyed over the cross section in concn. to reach pref. strength and toughness over the whole cross section. The metallised concn. can be uniform over the cross section or can decrease from the surface inwards. ADVANTAGE - Required strength increase while maintaining diffusion welds.

(Dwg.0/4)

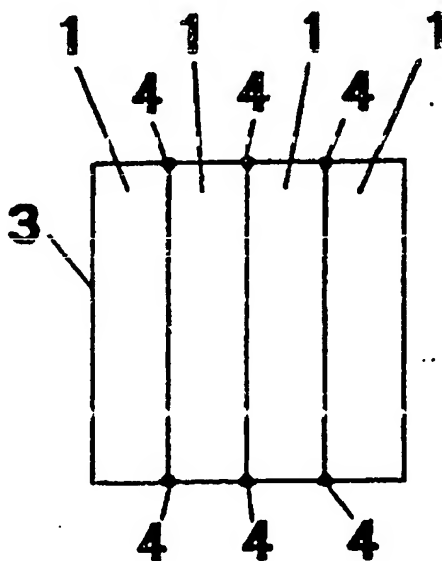
EP 383103 B

A process for the production of a high strength and tough metal composite material from a number of steel layers connected to one another by diffusion welding, characterised in that the steel layers are flat products rolled from a steel which prior to diffusion welding are so alloyed up with the metalloid by a heat treatment in a gaseous atmosphere containing a metalloid from the group formed by nitrogen, boron and carbon that the metalloid passes only interstitially into solution.

Dwg.1b/4

US 5094699 A

High strength and hard metallic composite layer material is produced from flat metal products, rolled from a material of low strength, which are alloyed and hardened over the whole cross section by a metalloid selected from N,B and C by gas treatment. The hardened products are then joined by diffusion welding, through hot isostatic pressing. ADVANTAGE - Strengths can be adjusted to desired values. (8pp)



Derwent World Patents Index

© 2004 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 8368430

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



*zu P 16055*

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 39 04 776 C 2

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 23 K 20/16**  
B 23 K 20/24  
B 32 B 15/01  
B 32 B 1/08  
H 02 K 3/51  
C 23 C 8/06

②1 Aktenzeichen: P 39 04 776.8-45  
②2 Anmeldetag: 17. 2. 89  
④3 Offenlegungstag: 23. 8. 90  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 10. 9. 92

DE 3904776 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Vereinigte Schmiedewerke GmbH, 4630 Bochum, DE

⑦4 Vertreter:

Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R., Dipl.-Ing.;  
Cohausz, H., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Redies, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Fitzner,  
U., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.jur., Pat.-Anwälte, 4000  
Düsseldorf

⑦2 Erfinder:

Speidel, Marcus O., Prof. Dr.-Ing., Birnenstorf, CH;  
Stein, Gerald, Dipl.-Ing., 4300 Essen, DE; Feichtinger,  
Heinrich K., Prof. Dr., Feldmeilen, CH; Menzel,  
Joachim, Dr.-Ing., 4300 Essen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 31 27 507 A1  
DE-OS 29 21 217  
Derwent abstract Nr. 5831C/33;  
Derwent abstract Nr. 86-248630/38;  
Entwurf zur DIN 17022 Teil 3 vom Juni 1985;  
DE-B.: SCHIMPKE/SCHROPP/KÖNIG: Technologie  
der Maschinenbaustoffe, Werkstoffkunde-Werk-  
stoffprüfung-Werkstoffverarbeitung, 18. Aufl., 1977,  
S. Hirzel Verlag Stuttgart, S. 60-64;  
DE-Z.: LIEDTKE, D.: Zeitschrift für wirt- schaftliche  
Fertigung, Gefüge- und Eigen- schäftsänderungen in  
Eisen-Kohlenstoff-Legie- rung 75, 1980, 1, S. 33-48;  
DE-Z.: KONVICKA, Dr.: Die HIP-Technik in Me- tall,  
40. Jg., H. 10, Oktober 1986, S. 1000;

⑤4 Verfahren zum Einstellen der Festigkeit und Zähigkeit eines durch Diffusionsschweißen mehrerer  
Metallschichten gebildeten Verbundwerkstoffes

DE 3904776 C2

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Einstellen der Festigkeit und Zähigkeit eines durch Diffusionsschweißen mehrerer Metallschichten gebildeten Verbundwerkstoffes.

Metallische Schichtverbundwerkstoffe bestehen aus zwei oder mehreren miteinander verbundenen Metallschichten, die als Komponenten bezeichnet werden. Die dem Volumen oder Gewicht nach überwiegende Komponente wird als Grund- oder Unterlagewerkstoff, die übrigen Komponenten werden je nach Lage und Anordnung als Plattier-, Auflage-, Einlage- oder Zwischenlagewerkstoff bezeichnet.

Die Kombination geeigneter Metalle und Legierungen in Verbindung mit der Wahl geeigneter Schichtdicken und der relativen Lage der Komponenten im Verbund gestattet die Herstellung einer fast unbegrenzten Anzahl von Schichtverbundwerkstoffen mit definierten physikalischen, chemischen und technologischen Eigenschaften.

Typische Beispiele von Schichtverbundwerkstoffen sind aus Gründen des Korrosionsschutzes mit Schutzschichten aus korrosions- und hitzebeständigen Stählen, NE-Metallen und Edelmetallen "plattierte" unlegierte und niedriglegierte Stähle, die bei hohen chemischen, mechanischen und thermischen Beanspruchungen sonst entsprechend stark zu dimensionierende Bauteile aus Stählen, NE-Metallen oder Edelmetallen in wirtschaftlicher Weise ersetzen.

Der preiswerte Grundwerkstoff aus unlegiertem oder niedriglegiertem Stahl übernimmt hier die mechanische Belastung, während die chemische und/oder thermische Belastung durch den aufplattierten Werkstoff übernommen wird.

Hergestellt werden metallische Schichtverbundwerkstoffe vorwiegend durch Verfahren, bei denen die einzelnen Metallschichten in fester Phase miteinander unter erhöhter Temperatur durch Druck verbunden werden, wobei jede Schichtkomponente ihre ursprünglichen Eigenschaften beibehält. Solche Verfahren sind das Preßschweißen, das Walzplattieren und das Sprengplattieren. In neuerer Zeit wird — insbesondere bei kompliziert geformten Bauteilen — das heißisostatische Pressen (HIP-Verfahren) zur Herstellung von metallischen Schichtverbundwerkstoffen angewendet, bei dem die Metallkomponenten mit einer gasdichten verformbaren Hülle umgeben und bei so hoch gewählten Temperaturen, daß eine ausreichende Diffusion der Komponenten ineinander eintreten kann, durch auf die Außenwand der Hülle einwirkende Gase hohen Drucks miteinander verbunden (diffusionsverschweißt) werden.

Die Festigkeitswerte (Zugfestigkeit, Streckgrenze) eines Bauteils aus metallischen Schichtverbundwerkstoffen ergeben sich additiv aus den entsprechenden Werten der einzelnen Schichtkomponenten.

Soll ein metallischer Schichtverbundwerkstoff, z. B. aus mehreren Stahlschichten höchster Festigkeit (größer 1500 bis 2500 N/mm Zugfestigkeit) hergestellt werden, müssen die einzelnen Stahlschichten bereits vor dem Diffusionsverschweißen diese Werte aufweisen.

Zwar gibt es eine große Anzahl "höchstfester" Stähle, die bereits aufgrund ihres Legierungsgehaltes an festigkeitssteigernden Elementen, wie Chrom, Nickel, Kobalt, Molybdän oder auch Stickstoff im Walzzustand solche Festigkeiten aufweisen. Diese Stähle sind jedoch nur schwer verformbar, insbesondere beim Auswalzen auf dünne Abmessungen, wie Bleche oder Bänder, zur Ver-

wendung als Schichtkomponenten. Sie haben einen hohen Formänderungswiderstand, der bei hohen Umformgraden noch ansteigt und so das Verformungsvermögen stark herabsetzt. Es müssen daher besondere Vorsichtsmaßnahmen beim Walzen solcher Stähle (Walzen in mehreren Hitzen, Einhalten sehr eng begrenzter Verformungstemperaturen) eingehalten werden, um solche höchstfesten Stähle überhaupt auf dünne Abmessungen walzen zu können, so daß ein solches Verfahren zur Herstellung stählerner Schichtkomponenten unwirtschaftlich ist.

Eine weitere Möglichkeit, höchstfeste stählerne Schichtkomponenten zum Aufbau eines Schichtverbundwerkstoffes zu schaffen, besteht darin, Stähle mit einer ein gutes Umformvermögen garantierenden Grundzusammensetzung zu dünnen Flachprodukten auszuwalzen und diese dann durch eine Vergütungsbehandlung (mit Einstellung eines martensitischen Gefüges) oder durch eine Aushärtungsbehandlung (Ausscheidung von intermetallischen Verbindungen, Karbiden Nitriden und dergl.) auf die gewünschten Festigkeitswerte zu bringen.

Die so erlangten Festigkeitseigenschaften würden jedoch beim nachfolgenden Verbinden der so vorbehandelten Stahlschichtkomponenten zu einem Verbundkörper durch die beim Diffusionsverschweißen notwendigen hohen Temperaturen bis 1300°C wieder rückgängig gemacht.

Aus Derwent abstract Nr. 58 312 C/33 war ein Verfahren zum Herstellen eines hochfesten, zähen, metallischen Verbundwerkstoffs (Werkzeugstahl) mittels Diffusionsschweißen bekannt. Vor dem Diffusionsschweißen wurde der Stahl durch eine Wärmebehandlung in einer ein Metalloid, hier: Kohlenstoff, enthaltenden Gasatmosphäre aufgelegt und dadurch verfestigt. Es handelt sich dabei um ein Diffusionsschweißen eines Werkzeugstahls mit einem anderen Stahl, wobei der kohlenstoffärmere Stahl vor dem Fügeprozeß im Randbereich auf einen Kohlenstoffgehalt ähnlich dem des Werkzeugstahls gebracht wird. Diese Maßnahme geschieht alleine im Interesse einer besseren Verbindung bei der Schweißung. Das die Bearbeitungskräfte beim Einsatz aufnehmende Schneidteil aus Werkzeugstahl soll besser mit dem stützenden Teil (Schaft) aus Chromstahl verbunden werden. Die gewünschte Endfestigkeit wird dem Räumwerkzeug aber erst nach dem Zusammenfügen von Schneidteil aus Werkzeugstahl und Drahtteil aus Chromstahl durch eine Härtebehandlung verliehen.

Es war ferner bekannt, daß man Stahl außer im Kohlenstoff auch mit Stickstoff oder Bor auflegieren und dadurch verfestigen kann, siehe Schimpke/Schropp/König: Technologie der Maschinenbaustoffe, 18. Auflage, 1977, S. Hirzel Verlag Stuttgart, Seiten 60 bis 64. Auch aus D. Liedtke, "Gefüge- und Eigenschaftsänderungen in Eisen-Kohlenstoff-Legierungen" in: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, 75 (1980) 1, Seiten 33 bis 48, insbesondere auf Seite 41, Bild 21 und 22, ist das Auflegieren eines metallischen Werkstoffs mit Metalloiden beschrieben. Dabei fällt das Konzentrationsprofil der Metalloide im behandelten Teil vom Rand zum Inneren hin ab.

Schichtverbundwerkstoffe in der eingangs genannten Gattung werden aber durch diese bekannten Verfahren nicht erzeugt.

Ausgehend von dem genannten Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines hochfesten metallischen Schicht-

verbundwerkstoffes aus mehreren miteinander durch Diffusionsschweißen verbundenen Metallschichten zu schaffen, bei dem in einfacher und wirtschaftlicher Weise die die Gesamtfestigkeit des Verbundwerkstoffes bestimmenden Festigkeitswerte der metallischen Schichtkomponenten eingestellt und auch beim Verbinden durch Diffusionsschweißen beibehalten werden.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, daß als Metallschichten gewalzte Flachprodukte mit niedrigerer Grundfestigkeit als die angestrebte Endfestigkeit des Verbundwerkstoffs vor dem Diffusionsschweißen verwendet werden, die durch eine Wärmebehandlung in einer ein Metalloid enthaltenden Gasatmosphäre über dem Querschnitt mit dem Metalloid in einer solchen Konzentration und abhängig von der Temperatur und Dauer der Wärmebehandlung derart aufgelegt werden, daß nach dem Diffusionsschweißen die gewünschten Endfestigkeitseigenschaften des gesamten Verbundwerkstoffes erhalten werden.

Eine derartige Verfestigung von zum Aufbau eines Schichtverbundkörpers bestimmten Metallschichten durch Auflegieren mit einem Metalloid, wie Stickstoff, Bor und Kohlenstoff eignet sich insbesondere zur Herstellung von hochfesten Schichtverbundwerkstoffen aus mehreren Stahlschichten. Zur Herstellung der einzelnen Stahlschichten können zunächst Stähle mit einer von ihrer Grundzusammensetzung her bestimmbaren niedrigeren Festigkeit als die verlangte Endfestigkeit — also mit ausreichendem Umformungsvermögen — zu Flachprodukten von nur einigen Millimetern Dicke ausgewalzt werden, z. B. in Form von Blechen oder Bändern. Die Flachprodukte werden dann einer Wärmebehandlung in einer ein geeignetes Metalloid, z. B. Stickstoff, enthaltenden Gasatmosphäre ausgesetzt. Bei dieser Behandlung diffundiert das Metalloid in den Grundwerkstoff, wo es interstitiell in Lösung geht und/oder mit im Stahl enthaltenen Legierungselementen Verbindungen eingeht, wodurch die Festigkeit des Grundwerkstoffes erhöht wird.

In Abhängigkeit von Temperatur und Dauer der Wärmebehandlung sowie den Gehalten an Legierungselementen und der Gefügeausbildung des Stahls sowie in Abhängigkeit vom Metalloidgehalt der Gasatmosphäre können auf diese Weise gezielt vorherbestimmbare Gehalte an Metalloid in den Grundwerkstoff eingebracht und gewünschte Festigkeitswerte eingestellt werden.

Die Wärmebehandlung kann so geführt werden, daß sich durchgehend über den gesamten Querschnitt der Flachprodukte eine gleichbleibende Metalloid-Konzentration einstellt, insoweit also gleiche Festigkeitswerte über den Querschnitt der Flachprodukte vorliegen.

Es ist aber auch möglich, ein vom Rand bis zum Inneren der Flachprodukte abfallendes Konzentrationsprofil entstehen zu lassen. Diese Konzentrationsprofile mit einem höheren Metalloid-Gehalt am Rand und einem niedrigeren Metalloid-Gehalt im Inneren der Flachprodukte führt nach dem Diffusionsverschweißen der Flachprodukte zu einem Schichtverbundwerkstoff mit periodischem Konzentrationsprofil des Metalloids. Es entstehen — über den Querschnitt des Verbundwerkstoffes gesehen — abwechselnd unterschiedliche, jeweils abschwelende und wieder ansteigende mechanische Eigenschaften. So können sich z. B. hochfeste mit weniger festen oder hochfeste mit hochzähnen Zonen abwechseln, wodurch bei einer vorbestimmten Gesamtfestigkeit des Verbundkörpers seine Zähigkeit erhöht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist selbstverständlich nicht darauf beschränkt, daß die zur Herstellung des Schichtverbundwerkstoffes verwendeten Flachprodukte aus ein und demselben Werkstoff bestehen. Die Flachprodukte können aus verschiedenen Werkstoffen, z. B. aus Stählen verschiedener Grundzusammensetzungen, gewählt werden, welche in Verbindung mit der Zuliegierung des Metalloids zu besonderen Eigenschaften in Bezug auf das mechanische Verhalten oder die Korrosionseigenschaften führen, wozu die Flachprodukte in einer Reihenfolge diffusionsverschweißt werden, welche der späteren Belastung des Werkstücks in optimaler Weise entspricht. Es können auch Flachprodukte verschiedener Dicken miteinander diffusionsverschweißt werden, wobei je nach Metalloid-Gehalt der Flachprodukte über den Querschnitt des fertigen Schichtverbundwerkstoffes unterschiedliche, dem Verwendungszweck besonders angepaßte Werkstoffeigenschaften einstellbar sind.

Vorteilhafte Verfahrensparameter zum Auflegieren von Flachprodukten — insbesondere von aus Stahl bestehenden Flachprodukten — sind Gegenstand der Ansprüche 6, 7 und 8. Beim Auflegieren mit Stickstoff wird dabei eine Gasatmosphäre aus Stickstoff und Wasserstoff, vorzugsweise in der Form von Formiergas (92% Stickstoff, 8% Wasserstoff) oder ein Ammoniak/Stickstoff/Wasserstoff-Gemisch verwendet.

Vorzugsweise werden die mit dem Metalloid auflegierten Flachprodukte nach dem Verfahren des heißisostatischen Pressens (HIP-Verfahren) miteinander zu einem kompakten metallischen Schichtverbundkörper diffusionsverschweißt. Um ein einwandfreies Verschweißen der einzelnen Schichtkomponenten zu gewährleisten, werden die Flachprodukte vor dem heißisostatischen Verpressen an ihren Berührungskanten miteinander gasdicht verschweißt, um während des Verpressens einen Druckaufbau zwischen den zu verbindenden Komponenten zu verhindern. Um mögliche Oxidationsvorgänge an den Oberflächen der Flachprodukte während des Verpressens zu vermeiden, werden die zwischen den Flachprodukten verbleibenden Totvolumina sowie das Totvolumen der die Flachprodukte umgebenden gasdichten verformbaren und von außen unter hoher Temperatur mit Druckgas beaufschlagten Hülle vor dem heißisostatischen Verpressen mit einem Schutzgas gefüllt.

Als Schutzgas eignet sich besonders ein während des Verdichtungsvorgangs im Werkstoff lösliches Gas, das mit dem beim Einbringen des Metalloids in die Flachprodukte verwendeten Gas identisch ist.

Anstelle einer Füllung mit Schutzgas können die Totvolumina aber auch evakuiert werden zur Vermeidung der genannten Oxidationsvorgänge.

Anstelle des heißisostatischen Pressens kann jedoch auch — in Funktion der Dimensionen des Flachprodukt-Pakets — ein Verschmiedungs- oder Verwalzungsprozeß treten, wobei auch hier dafür zu sorgen ist, daß die über den Vorgang der Diffusionsverschweißung zu verbindenden Flächen der Flachprodukte blank sind, was durch eine Evakuierung oder durch eine Füllung der Totvolumina mit im Werkstoff unter den Bedingungen des Verschweißungsprozesses löslichen Schutzgasen erreicht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung hochfester zylinderförmiger metallischer Ringkörper in Schichtverbundbauweise gemäß den Verfahrensmerkmalen des Anspruchs 12.

Von besonderem Vorteil ist die Anwendung des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung von hochfesten Chrom-Mangan-Stahl-Kappenringen für Generatoren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 13.

Kappenringe, die an Turbogeneratoren die Wickelköpfe gegen die durch die Drehbewegung des Rotors entstehende Fliehkraft zu halten haben, werden bislang ausschließlich aus nichtmagnetisierbaren Stählen durch Schmieden hergestellt. Der Herstellungsprozeß ist wegen der Vielzahl der hierzu nötigen Arbeitsschritte aufwendig und teuer. Ein nach dem Elektroschlackeumschmelz (ESU)-Verfahren hergestellter Vorblock wird zunächst überschmiedet.

Danach werden die für den jeweiligen Kappenring benötigten Teilgewichte (Butzen) abgehauen, wieder erwärmt, gestaucht und gelocht. Der Schmiedeprozeß wird zum Zwischenputzen unterbrochen und in zwei weiteren Hitzen durch Langschmieden, Beihalten und Aufrollen zu Ende geführt. Nach Maß- und Oberflächenkontrolle erfolgt eine spanabhebende Vorbearbeitung. Um die erforderliche Festigkeit zu erreichen, werden die vorbearbeiteten Kappenringe durch Aufweiten unter einer hydraulischen Presse kaltverfestigt, zum Abbau der beim Aufweiten auftretenden Spannungen spannungsarm gegläht und abschließend auf das Ablieferungsmaß fertig bearbeitet.

Gegenüber dem herkömmlichen bietet das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Kappenringen beträchtliche Vorteile.

Das Band kann aus einem herkömmlich gegossenem Block bzw. aus Stranggußvormaterial gewalzt werden. Ein ESU-Umschmelzen ist nicht erforderlich.

Das Schmieden und Lochen, verbunden mit Zwischenerwärmungen und mindestens einer Zwischenbearbeitung entfallen. Die Breite des Stahlbandes kann von vornherein so gewählt werden, daß seine Breite der Ringhöhe des Kappenrings entspricht, so daß nach Aufwickeln des Stahlbandes zu einem Coil mit entsprechendem Innen- und Außendurchmesser die Endkonturen des Kappenrings bereits vorliegen.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die Herstellung eines Kappenrings höher Festigkeit ohne Kaltaufweiten.

Die sich nach dem herkömmlichen Verfahren nach dem Kaltaufweiten über die Breite des Kappenrings einstellende Anisotropie der Werkstoffkennwerte (beim Weiten von Ringen ist der Verformungsgrad der Wand innen größer als außen, was innen zu größerer Kaltverfestigung und damit höheren 0,2-Dehngrenzen als außen führt) entfällt beim erfindungsgemäßen Verfahren, da das in der vorhergehenden Wärmebehandlung "aufgestickte" Stahlband durch die eingebrachte Stickstoffgehalte völlig gleichmäßige Festigkeitseigenschaften aufweist, die auch nach Aufwickeln zu einem Coil und dem anschließenden heißisostatischen Verpressen der Coilwindungen zum kompakten Kappenring über die Breite des Ringes erhalten bleiben.

Ein Kaltaufweiten ist nur erforderlich, wenn im fertigen Kappenring extrem hohe Festigkeiten gefordert sind, die nicht allein durch die Aufstickbehandlung zu erzielen sind.

Selbstverständlich können auch andere geometrische Körper als Ringe in einer "Endabmessungsnahen Fertigungstechnik" hergestellt werden, indem eine Folge von individuell entsprechend geformten und ineinander passenden Flachprodukten zu einem Paket zusammengefaßt werden, so daß ein dreidimensionaler Körper mit gewünschten Ausmaßen entsteht. Dabei kann das Grundmaterial, die Dicke sowie der Gehalt an Metalloiden

für jedes Flachprodukt so gewählt werden, daß insgesamt ein Körper mit optimalen Gebrauchseigenschaften entsteht. Z. B. kann ein hochwarmfester Körper so hergestellt werden, daß seine inneren Schichten aus einer abwechselnden Folge von hochfesten Blechen mit stabilen Nitriden sowie hochzähen Blechen mit homogen gelöstem Stickstoffgehalt bestehen. Das daraus resultierende Werkstück wird durch die eingebauten Nitridhaltigen Schichten gefestigt, während die hochzähen Zwischenschichten als Riß-Stopper dienen. Selbstverständlich kann eine Deckschicht als Abschluß dieser inneren Schichten verwendet werden, welche eine spezielle Korrosionsfestigkeit aufweist.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Figuren und Beispielen näher erläutert:

Fig. 1a zeigt einen Querschnitt durch ein metallisches Flachprodukt 1 der Dicke  $h$ , Fig. 1b das Stickstoffprofil 2a, welches sich nach einer bestimmten Diffusionsdauer bei einer Wärmebehandlung des Flachproduktes in stickstoffhaltiger Atmosphäre über den Querschnitt eingestellt hat, ausgehend vom Anfangs-Stickstoffgehalt  $N_{\text{start}}$  in Richtung auf den Sättigungsgehalt  $N_{\text{sat}}$  hin. Der Diffusionsvorgang kann jedoch auch solange geführt werden, bis der gesamte Querschnitt des Flachproduktes sich praktisch auf dem Sättigungswert befindet.

Fig. 2a zeigt die Vereinigung zweier Flachprodukte 1 zu einem Verbundstück 3, wobei die Berührungsfläche der beiden Flachprodukte möglichst guten Kontakt haben muß, damit die Diffusionsverschweißung in optimaler Weise erfolgen kann. Die Diffusionsverschweißung, welche entweder im Rahmen eines Verschmiedevorganges oder eines heißisostatischen Preßvorganges erfolgen kann, führt dann zu einem Stickstoffkonzentrationsprofil, welches in Fig. 2b gezeigt ist: In Funktion des Verschweißungsvorganges kommt es zu einer graduellen Abflachung des ursprünglichen Konzentrationsprofils 2a zu einem weichen Profil 2b. Wären die Bleche vorgängig schon bei der vollen Sättigungskonzentration gelegen, dann würde natürlich auch der aus ihnen resultierende Verbundwerkstoff eine durchgehend homogene Stickstoffkonzentration aufweisen.

In vielen Fällen kann es günstig sein, den Stickstoffgehalt nicht in die Sättigung gehen zu lassen, da auf diese Weise ein Gradientenwerkstoff mit einer der Blechdicke entsprechenden Periodizität der Stickstoffkonzentration bzw. der sich daraus ergebenden lokalen mechanischen Eigenschaften entsteht, indem z. B. hochfeste mit weniger festen oder hochfeste mit hochzähen Zonen abwechseln.

Für den Verdichtungs- bzw. Fügeprozeß der Flachprodukte kann jeder Prozeß herangezogen werden, bei dem es zu einer Diffusionsverschweißung kommt, insbesondere sind das heißisostatische Pressen sowie das Verschmieden für diesen Zweck besonders geeignet. Da beim heißisostatischen Pressen ein Druckaufbau zwischen den zu verbindenden Profilen zu verhindern ist, müssen die Profile gasdicht miteinander verbunden werden. Beim Verschmieden ist dies vor allem im Hinblick auf die Sauberkeit der Fügeflächen nötig, um z. B. Oxidationsvorgänge zu verhindern.

Fig. 3a zeigt ein Beispiel des Verfahrens, bei dem die nach außen führenden Berührungskanten 4 der Flachprodukte 1 allseitig miteinander verschweißt sind. Dabei kann dieser Verschweißvorgang entweder unter einem geeigneten Schutzgas oder Vakuum erfolgen.

Die zwischen den Blechprofilen vorhandenen Totvolumina müssen nach dem Schweißvorgang evakuiert bzw. mit einem solchen, im Material beim nachfolgen-



den Diffusionsverschweißprozesses ohne Schaden löslichen Gas gefüllt sein.

Fig. 3b zeigt ein anderes Beispiel, bei dem das gesamte Blechpaket 3 in eine gasdichte und verformbare Hülle 5 eingesetzt ist, ähnlich wie dies beim heißisostatischen Verpressen von Pulvern oder beim Pulverschmieden der Fall ist.

Fig. 4 zeigt die Herstellung eines Ringes 3b aus einem Flachprodukt welches über mehrere Lagen zu einem Teil mit gewünschtem Innen- und Außendurchmesser aufgewickelt ist. Dabei war das Coil vorgängig in einem Wärmebehandlungssofen aufgesteckt worden, wobei es zu diesem Zwecke in locker gewickelter Form in den Ofen eingebracht worden war, um den Zutritt der aufstickenden Atmosphäre z. B. in der Form von Formiergas zu erleichtern. Die Anfangs- und Endkanten des Coils werden dabei jeweils mit Schweißungen 4a gegen die anliegende Windung gasdicht verschweißt, desgleichen die spiralförmigen stirnseitigen Verbindungskanten der einzelnen Windungen, was im vorliegenden Bild nicht gezeigt ist. Anstelle der Aufwicklung eines Flachproduktes kann ein solcher Ring auch aus einer Abfolge ineinander sitzender konzentrischer Ringe bestehen. Zur Verschweißung wird das Coil in eine gasdichte Kapsel eingesetzt, in der die Coilwindungen heißisostatisch zu einem kompakten Ringkörper diffusionsverschweißt werden. Alternativ kann ein solches Coil unter Schutzgas in einem Ringwalzwerk zu einem kompakten Ring verwalzt werden. Nicht rotationssymmetrische Bauteile können entsprechend im Gesenk verschmiedet werden.

Von besonderem Interesse kann es auch sein, Schichtverbundwerkstoffe aus verschiedenen Blechmaterialien zusammenzusetzen, wobei im diffusionsverschweißten Werkstück lokale Eigenschaften entstehen, welche für den Verwendungszweck besonders günstig sind. Beispielsweise können die an der Oberfläche vorhandenen Schichten besonders günstige Korrosions- oder Härteeigenschaften aufweisen. Dies ist entweder dadurch zu erreichen, daß Bleche mit grundsätzlich verschiedener Legierungszusammensetzung verwendet werden oder indem man Bleche gleicher Grundzusammensetzung auf verschiedene Metalloid-Gehalte auflegt.

Dazu kann ein Metalloid z. B. Stickstoff, in unterschiedlichen Konzentrationen für die einzelnen Lagen verwendet werden. Oder es werden die Metalloide Stickstoff, Bor und Kohlenstoff beliebig kombiniert.

Selbstverständlich können auch Bleche verschiedener Dicke miteinander diffusionsverschweißt werden, was bei gleicher Stickstoffbehandlung z. B. zu unterschiedlichen Konzentrationsprofilen in den Blechen führt.

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist sein "endabmessungsnah"-Charakter. In Funktion der späteren Form können Blechprofile mit unterschiedlichen Dicken und Gestaltungsformen zu Bündeln zusammengefaßt werden, welche die Erreichung der Endform nach dem Diffusionsverschweißungsprozeß mit einem Minimum an Nachbearbeitung gestatten.

Gegenüber der Schmelz- und Pulvermetallurgie besitzt das vorliegende Verfahren große Vorteile. Gegenüber der Schmelzmetallurgie umgeht das Verfahren zusammen mit der Pulvermetallurgie alle Nachteile, die bei der Erstarrung einer Metall-Legierung auftreten können, wie Seigerungen, Lunker, Poren und unerwünschte Ausscheidungen. Gegenüber der Pulvermetallurgie besteht aber der entscheidende Vorteil, daß die große innere Oberfläche, welche durch die Kornoberflächen gebildet wird, und welche über ihre Verschmutzung z. B. über Oxidation Anlaß zu einem Abfall der

Zähigkeit führen kann, in entscheidendem Maße reduziert wird. Ausscheidungen sind zwar auch bei dem vorliegenden Verfahren an der Berührungsfläche zweier Blechprofile möglich, sie sind jedoch lokal beschränkt und können das Zähigkeitsverhalten nicht entscheidend beeinflussen.

Überdies kann die den Blechen eingeprägte Walzstruktur in zusätzlicher Weise das Werkstoffverhalten des daraus gebildeten Laminats in günstiger Weise beeinflussen.

#### Beispiel 1

Ein 4-mm-Blech aus einem 13%igen Chromstahl wird bei 1150°C in einer Formiergasatmosphäre (92% Stickstoff, Rest Wasserstoff) während 24 h geglüht. Ausgehend von einem Anfangsgehalt von 0,07 Gew.-% Stickstoff, beträgt der Stickstoffgehalt dann im Zentrum 0,13 Gew.-%, in der Randzone 0,38 Gew.-%. Werden nun 20 solcher Bleche in einem Bündel zusammengefaßt und in einer gasdichten Kapsel, welche mit Stickstoff bei Normaldruck gefüllt ist, heißisostatisch während 4 Stunden bei 1150°C verpreßt, so entsteht ein massiver Block, der aus einer Abfolge von Zonen erhöhter und niedriger Festigkeit besteht und neben seiner hohen Gesamtfestigkeit ein günstiges Zähigkeitsverhalten zeigt, indem Risse durch die Abfolge der wechselnden mechanischen Zonen gestoppt werden.

#### Beispiel 2

Zur Herstellung eines Kappenrings aus Chrom-Mangan-Stickstoff-Stahl mit den verlangten Endabmessungen: Außendurchmesser 790 mm, Innendurchmesser 550 mm und einer Höhe von 600 mm nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wurde wie folgt vorgegangen:

Aus einem im Elektrolichtbogenofen erschmolzenen Stahl mit der Analyse:

Kohlenstoff:	0,09 Gew.-%
Silizium:	0,45 Gew.-%
Mangan:	18,90 Gew.-%
Chrom:	18,30 Gew.-%
Nickel:	0,47 Gew.-%
Stickstoff:	0,48 Gew.-%

wurde ein 6-Tonnen-Block gegossen und zu einem 3 mm dicken Band ausgewalzt. Dieses Band wurde anschließend auf eine Breite von 610 mm besäumt und gebeizt.

Das Band hatte im Walzzustand eine Zug-Festigkeit von 767 N/mm<sup>2</sup>.

Das Band wurde dann in einem Wärmebehandlungssofen in stickstoffhaltiger Atmosphäre (Formiergas) durchgehend auf Stickstoffgehalte von 1,17% aufgesteckt. Mit diesen Stickstoffgehalten wurde die Zug-Festigkeit auf 1225 N/mm<sup>2</sup> gesteigert.

Das so verfestigte Band wurde zu einem Coil aufgewickelt, das mit einem geringen Überschuß die Endkonturen des Kappenrings aufwies. Die Anfangs- und Endkanten des so gewickelten Coils wurden verschweißt, desgleichen auch die spiralförmigen stirnseitigen Verbindungskanten der einzelnen Windungen.

Das Coil wurde dann in eine heißisostatische Presse eingesetzt und dort für einen Zeitraum von 4 h bei 1150°C und einem Gasdruck (Argon-Gas) von 1000 bar

zu einem kompakten Ringkörper diffusionsverschweißt.

Der Ringkörper wurde anschließend auf Fertigmaße bearbeitet. Über die Breite des Ringes entnommene Proben ergaben, daß die Festigkeitswerte völlig gleichmäßig in einem Bereich von 1223 bis 1229 N/mm<sup>2</sup> lagen, somit der Ausgangswert des Vorbandes mit 1225 N/mm<sup>2</sup> voll getroffen wurde. Eine Anisotropie der Werkstoffeigenschaften über die Breite des Ringes konnte nicht festgestellt werden.

Ein in der oben beschriebenen Weise hergestellter zweiter Kappenring wurde zur Erreichung noch höherer Festigkeiten nach dem heißisostatischen Verpressen zusätzlich kalt aufgeweitet. Die Festigkeit des Ringes wurde dabei auf 1690 N/mm<sup>2</sup> gesteigert. Durch stärkeres Kaltaufweiten sind noch höhere Festigkeitssteigerungen bis 2000 N/mm<sup>2</sup> möglich.

Grundsätzlich wird jedoch gemäß der Erfindung bevorzugt der Ring ohne Kaltaufweiten hergestellt, d. h. es werden die verlangten Festigkeitswerte allein durch die Aufstickungsbehandlungen eingestellt. Selbstverständlich ist auch bei dieser Arbeitsweise die Methode des Kaltaufweitens eine Möglichkeit, die Endfestigkeit noch nach oben zu korrigieren.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Festigkeit und Zähigkeit eines durch Diffusionsschweißen mehrerer Metallschichten gebildeten Verbundwerkstoffs durch Auflegieren von Metalloiden in einer Gasatmosphäre, dadurch gekennzeichnet, daß als Metallschichten gewalzte Flachprodukte mit niedriger Grundfestigkeit als die angestrebte Endfestigkeit des Verbundwerkstoffs vor dem Diffusionsschweißen verwendet werden, die durch eine Wärmebehandlung in einer ein Metalloid enthaltenden Gasatmosphäre über den Querschnitt mit dem Metalloid in einer solchen Konzentration und abhängig von der Temperatur und Dauer der Wärmebehandlung derart aufgelegt werden, daß nach dem Diffusionsschweißen die gewünschten Endfestigkeitseigenschaften des gesamten Verbundwerkstoffs erhalten werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung in der das Metalloid enthaltenden Gasatmosphäre so geführt wird, daß sich durchgehend über den gesamten Querschnitt der Flachprodukte eine gleichbleibende Metalloidkonzentration einstellt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung in der das Metalloid enthaltenden Gasatmosphäre so geführt wird, daß sich über den Querschnitt der Flachprodukte ein vom Rand zum Inneren hin abfallendes Konzentrationsprofil des Metalloids einstellt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Metalloid die Elemente Stickstoff, Bor und Kohlenstoff verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachprodukte aus Stahl bestehen.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Metalloid Stickstoff durch eine Aufstickungsbehandlung in einer stickstoffhaltigen Gasatmosphäre bei Temperaturen von 500 bis 1300°C über einen Zeitraum von 0,5 bis 30 Stunden in Gehalten von 0,1 bis 3,0 Gew.-% in die

Flachprodukte eingebracht wird, wobei bei über der Stickstofflöslichkeit des jeweiligen Metalls bei Normaldruck liegenden Stickstoffgehalten die Gasatmosphäre in einem Druckofen unter einem Druck bis 300 bar gehalten wird.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Metalloid Bor in einer Bor-Halogenide enthaltenden Gasatmosphäre bei 800 bis 1100°C über einen Zeitraum von 0,1 bis 15 Stunden in Gehalten von 0,02 bis 0,20 Gew.-% in die Flachprodukte eingebracht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Metalloid Kohlenstoff in einer CO und/oder CH<sub>4</sub> enthaltenden Atmosphäre über einen Zeitraum von 0,5 bis 50 Stunden bei Temperaturen von 800 bis 1300°C in Gehalten von 0,1 bis 2,0 Gew.-% in die Flachprodukte eingebracht wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Metalloid auflegierten Flachprodukte nach dem Verfahren des heißisostatischen Pressens (HIP-Verfahren) miteinander zu einem kompakten metallischen Schichtverbundkörper diffusionsverschweißt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachprodukte vor dem heißisostatischen Verpressen an ihren Berührungskanten miteinander gasdicht verschweißt werden und das zwischen den Flachprodukten verbleibende Totvolumen mit einem während des Verdichtungsvorgangs im Werkstoff löslichen Gas gefüllt wird, das mit dem beim Einbringen des Metalloids in die Flachprodukte verwendeten Gas identisch ist.

11. Verfahren nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Totvolumen der die Flachprodukte umgebenden gasdichten, verformbaren und von außen unter hoher Temperatur mit Druckgas beaufschlagten Hülle vor dem heißisostatischen Verpressen mit einem während des Verdichtungsvorgangs im Werkstoff löslichen Gas gefüllt wird, das mit dem beim Einbringen des Metalloids in die Flachprodukte verwendeten Gas identisch ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur Herstellung eines hochfesten zylinderförmigen metallischen Ringkörpers in Schichtverbundbauweise, dadurch gekennzeichnet, daß

- zunächst aus einem gut verformbaren Metall niedriger Festigkeit ein Metallband geringer Dicke gewalzt,
- das Metallband dann durch Wärmebehandlung in einer das Metalloid enthaltenden Gasatmosphäre mit dem Metalloid auf die gewünschte Festigkeit aufgelegt und
- zu einem die Konturen des Ringkörpers umfassenden Coil aufgewickelt wird, und
- die Windungen des Coils abschließend heißisostatisch miteinander zum Ringkörper diffusionsverschweißt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12 zur Herstellung eines hochfesten Chrom-Mangan-Stahl-Kappenringes für Generatoren, dadurch gekennzeichnet, daß

- zunächst aus einem Stahl der Analyse

Kohlenstoff:	max 0,12 Gew.-%
Silizium:	0,2 bis 1,0 Gew.-%

Mangan:	17,5 bis 20,5 Gew.-%
Chrom:	17,5 bis 20,5 Gew.-%
Nickel:	max. 1,0 Gew.-%
Stickstoff:	max. 0,6 Gew.-%

5

ein Stahlband von 2 bis 5 mm Dicke mit einer Festigkeit von 720 bis 830 N/mm<sup>2</sup> gewalzt,

– das Stahlband dann mittels einer Wärmebehandlung in stickstoffhaltiger Atmosphäre durch Stickstoff-Gehalte von 0,6 bis 1,5 Gew.-% auf Festigkeitswerte von 800 bis 2000 N/mm<sup>2</sup> gebracht und

10

– zu einem die Endkonturen des Kappenringes umfassenden Coil aufgewickelt wird, wonach

15

– die Windungen des Coils heißisostatisch miteinander zum kompakten hochfesten Kappenring verpreßt werden.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

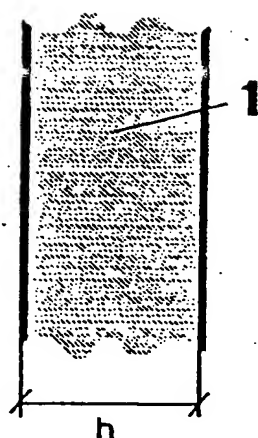


Fig. 1a

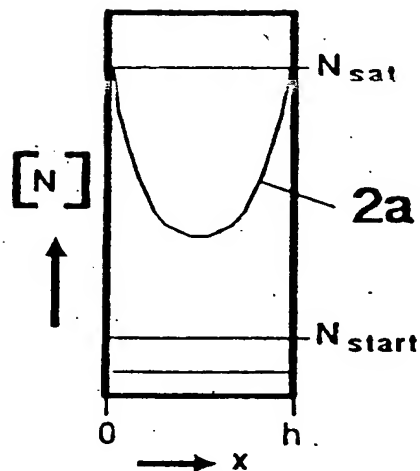


Fig. 1b

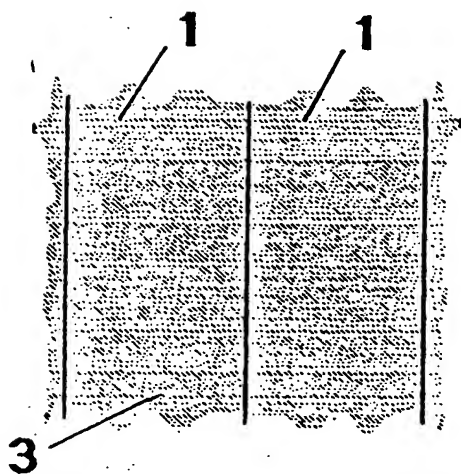


Fig. 2a

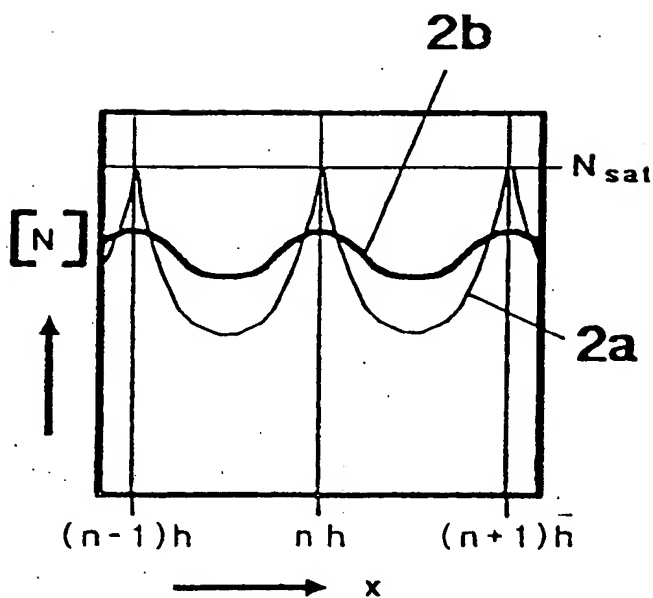


Fig. 2b

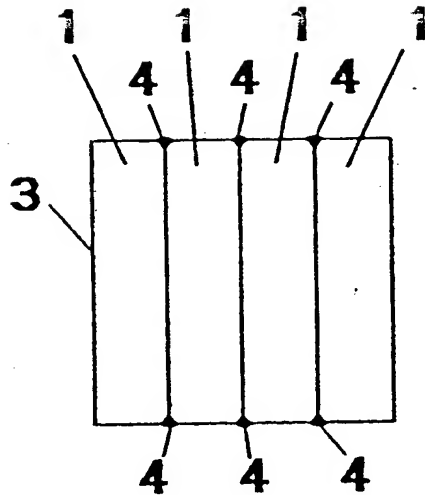


Fig. 3a

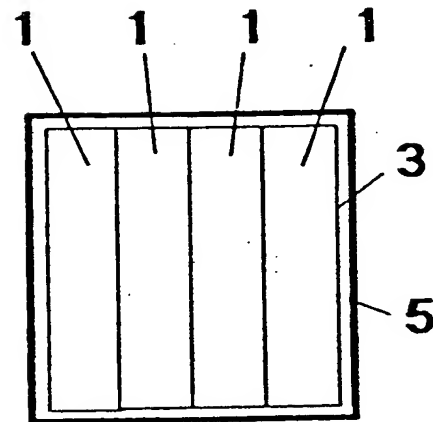


Fig. 3b

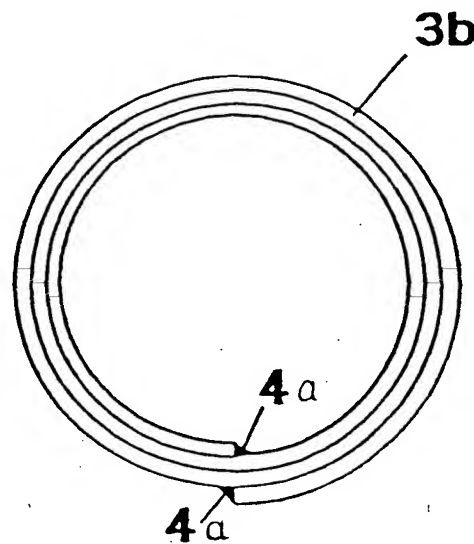


Fig. 4